

⑯ 日本国特許庁 (JP) ⑮ 特許出願公開  
 ⑰ 公開特許公報 (A) 昭59—220610

⑯ Int. Cl.<sup>3</sup>  
 G 01 C 1/00  
 G 01 S 3/78

識別記号 庁内整理番号  
 6960—2F  
 7210—5J

⑯ 公開 昭和59年(1984)12月12日  
 発明の数 1  
 審査請求 未請求

(全 6 頁)

⑯ ディジタル太陽センサ

⑯ 特 願 昭58—95236  
 ⑯ 出 願 昭58(1983)5月30日

⑯ 発明者 岡本二彦  
 川崎市幸区小向東芝町1番地東  
 京芝浦電気株式会社小向工場内

⑯ 発明者 亀田芳彦

川崎市幸区小向東芝町1番地東  
 京芝浦電気株式会社小向工場内

⑯ 発明者 小松晃一

川崎市幸区小向東芝町1番地東  
 京芝浦電気株式会社小向工場内

⑯ 出願人 株式会社東芝

川崎市幸区堀川町72番地

⑯ 代理人 弁理士 鈴江武彦 外2名

明細書

1. 発明の名称

ディジタル太陽センサ

2. 特許請求の範囲

所定方向に設定され太陽光の光束を制限するスリットと、このスリットより所定間隔離間されるとともに、スリットと直交して配設されスリットを通過した光を受光する複数の受光部からなるリニアアレイセンサと、このリニアアレイセンサの出力信号が順次供給されこの出力信号と所定の閾値とを比較する比較器と、この比較器の出力信号の変化に対応して計数動作される第1、第2のカウンタと、これらカウンタより出力される計数値の平均値を求める太陽方位角を検出する手段とを具備したことを特徴とするディジタル太陽センサ。

3. 発明の詳細な説明

[発明の技術分野]

この発明は、例えば三軸姿勢制御あるいはスピニ方式人工衛星の姿勢を高精度に検出するた

めに使用されるディジタル太陽センサに関する。

[発明の技術的背景とその問題点]

周知のように、従来使用されているこの種のディジタル太陽センサは大別して以下の2方式がある。

- ① Vスリット型ディジタル太陽センサ
- ② グレイコードパターンを使用するディジタル太陽センサ

上記①の方式は、スピニ方式の衛星に使用されるものであり、第1図に示す如くスリットとフォトセル(図示せず)からなる第1、第2のセンサ11、12を衛星上に略V字型となるよう配設したものである。即ち、第1のセンサ11はスピニ軸Sと平行して配設され、第2のセンサ12は第1のセンサ11より所定角度θ離されるとともに、スピニ軸Sに対して角度A傾斜して配設される。このような構成において、衛星のスピニにより、太陽光S<sub>b</sub>が各センサ11、12のスリットをよぎると、これらセンサ11、12からはそれぞれ第2図(a)(b)に示すようなパ

ルス信号が出力される。そして、これらパルス信号の時間間隔  $T_s$  および  $T_{ss}$  を測定することにより、太陽方位角が計算して求められる。

しかし、この方式においては、衛星上に第1第2のセンサ11, 12を取付ける際、これらが成す角θおよび第2のセンサ12の傾斜角Aを正確に設定することが難しいため、アライメントの精度を向上することが困難であり、太陽方位角を1°以上の精度で検知することが不可能であった。また、この方式は原理的に三軸姿勢制御衛星には使用できないものであった。

一方、第3図は前記②の方式を示すものである。即ち、石英からなるプリズム31の表面にはスリット32がエッティングされた遮光膜33が設けられ、裏面にはグレイコードパターン34がエッティングされた遮光膜35が設けられている。また、前記各グレイコードパターン34にはそれぞれフォトセル36<sub>1</sub>が対向して配設されている。このように構成されたセンサは前記スリット32が衛星のスピンドルSに垂直と

なるよう配設される。しかして、角度θで入射した太陽光S<sub>0</sub>はスリット32を通過してグレイコードパターン34に入射され、このグレイコードパターン34の何れかを通過した光は対応するフォトセル36<sub>1</sub>によって受光される。このフォトセル36<sub>1</sub>からは入射="1", 入射せず="0"の出力信号が得られ、このフォトセル36<sub>1</sub>の出力信号は信号処理回路37に供給される。この信号処理回路37では入力された信号のコードパターンより太陽方位角S<sub>D</sub>が求められる。尚、前記遮光膜35にはグレイコードパターン34の他に符号ビット用パターン38、およびスピンドルの成す平面内に太陽が入ったことを示すサンパルス用のパターン39が設けられ、これらパターン38, 39にも同様にフォトセル36<sub>2</sub>, 36<sub>3</sub>が対向して設けられる。これらフォトセル36<sub>2</sub>, 36<sub>3</sub>の出力信号は前記信号処理回路37に供給され、所定の信号処理が行われてサンパルス信号Sp等が出力されるようにな

されている。

このような方式によれば、①の方式に比べて衛星に対するセンサの取付けが容易となる利点を有している。しかし、地球から見た場合、太陽光は0.5°の拡がりを持った平行光線であるため、グレイコードの最小パターン幅を0.5°に相当する幅以上に細かくしてもボケにより分解能を向上させることができない。したがって、この方式では太陽方位角を0.5°の精度で検出するのが限界であり、これ以上精度を向上させるには0.5°に相当する幅のパターンを幾つか用意し、その配置を工夫することによって0.25°程度の精度を実現すること以外にない。いずれにしても、この方式では太陽光の0.5°の拡がりが精度向上を拘束しており、上記以上の検出精度を望むことは困難なものであった。

#### [発明の目的]

この発明は上記事情に基づいてなされたものであり、その目的とするところは高精度に太陽方位角を検出することが可能なデジタル太陽

センサを提供しようとするものである。

#### [発明の概要]

この発明は遮光板に設けられたスリットより所定間隔離間し、且つ、このスリットと直行する方向に例えばCCDリニアアレイセンサを配備し、このCCDリニアアレイセンサにより前記スリットを通って入射された太陽光を受光するとともに、このリニアアレイセンサの出力信号と所定の閾値とを比較し、この比較出力信号が"0"→"1"あるいは"1"→"0"に変化する画素位置を第1, 第2のカウンタによって計数し、これらカウンタの計数値を平均して入射太陽光の拡がり中心を求めるこことにより、太陽方位角を検出しようとするものである。

#### [発明の実施例]

以下、この発明の一実施例について図面を参照して説明する。

先ず、デジタル太陽センサの光学系について説明する。第4図において、遮光膜41の中央部には遮光膜41の長手方向と直交してスリッ

ト 4 2 が設けられる。このスリット 4 2 は幅が 5.0 μm 程度であり、例えばフォトトレジストによる加工または機械的な加工によって形成される。この遮光膜 4 1 は例えば矩形状の石英あるいは光学ガラスからなるプリズム 4 3 の表面に設けられる。このプリズム 4 3 の裏面には干渉フィルタ 4 4 を介して例えば CCD リニアアレイセンサ 4 5 が設けられる。この CCD リニアアレイセンサ 4 5 は第 5 図に示す如く、その画素 4 5 1 の配列方向が前記スリット 4 2 と直交するようになされ、且つ、全画素長との比、つまり中央部がスリット 4 2 と対向するよう配設される。CCD リニアアレイセンサ 4 5 はその画素数が多くなればなるほど角分解能が向上するため、なるべく全画素数の多い素子が使用される。例えば、2048 画素を有する CCD リニアアレイセンサを使用した場合、視野を ±5° とすると角分解能は 0.05° となる。尚、太陽光が前記プリズム 4 3 内に入射すると、分散が起り、波長によって屈折角が異なる現象を生ずる。前記干渉

クロック信号が供給されており、前記蓄えられた電荷はこのクロック信号によって順次出力される。この CCD リニアアレイセンサ 4 5 より出力された信号は増幅器 6 2 に供給され、所定レベルにて增幅される。この増幅器 6 2 の出力信号は自動利得制御回路 (AGC) 6 3 に供給される。この AGC 6 3 は太陽光の入射角によって光の強度が変化した場合においても、常に一定の電圧値を保持するよう回路の利得を制御するものである。つまり、光の強度はその入射角の余弦関数となるため、入射角が大きくなると、垂直に入射した場合に比べて出力が低下する。AGC 6 3 はこれを防止し、常に同一レベルの電圧として同じ条件下で信号を処理し得るようにするものである。この AGC 6 3 の出力信号は比較器 6 4 の一方入力端に供給される。この比較器 6 4 の他方入力端には所定の閾値電圧  $V_{TH}$  が供給されており、この閾値電圧  $V_{TH}$  と入力された信号とが第 7 図 (b) に示す如く比較される。しかして、この比較器 6 4 からは第 7 図 (d) に示す如く、入力さ

### 特開昭59-220610 (3)

フィルタ 4 4 は CCD リニアアレイセンサ 4 5 に入射する太陽光の波長を制限し、前記分散の影響を少なくしている。尚、干渉フィルタ 4 4 の透過波長域は、CCD リニアアレイセンサ 4 5 の分光感度特性を考慮し、例えば 600 ± 50 nm 近辺に設定することが望ましい。

次に、このデジタル太陽センサの信号処理系について第 6 図、第 7 図を用いて説明する。

上記構成の光学系において、スリット 4 2 を通過した太陽光はプリズム 4 3 、干渉フィルタ 4 4 を介して CCD リニアアレイセンサ 4 5 にあって受光される。この CCD リニアアレイセンサ 4 5 に入射される太陽光の強度分布は、CCD リニアアレイセンサ 4 5 のほぼ中央部付近の場合、第 7 図 (a) に示すようになる。したがって、CCD リニアアレイセンサ 4 5 の各画素には、第 7 図 (b) に示す如く、入射された太陽光の強度に対応した電荷が蓄積される。この CCD リニアアレイセンサ 4 5 には CCD 駆動回路 6 1 より、第 7 図 (c) に示すような 1 周期が 1 画素に対応するクロッ

ク信号が供給されており、前記蓄えられた電荷はこのクロック信号によって順次出力される。この CCD リニアアレイセンサ 4 5 より出力された信号は増幅器 6 2 に供給され、所定レベルにて增幅される。これら第 1 、第 2 のカウンタ 6 5 、6 6 に供給される。これら第 1 、第 2 のカウンタ 6 5 、6 6 は前記 CCD リニアアレイセンサ 4 5 より電荷が出力されると同時に、前記 CCD 駆動回路 6 1 より出力されるクロック信号を計数するものであり、この計数動作は前記比較器 6 4 の出力信号によって停止される。即ち、第 1 のカウンタ 6 5 は前記比較器 6 4 の出力信号が “0” レベルから “1” レベルに変化した場合停止され、第 2 のカウンタ 6 6 は比較器 6 4 の出力信号が “1” レベルから “0” レベルに変化した場合停止される。したがって、第 7 図 (d) に示す如く、第 1 のカウンタ 6 5 には比較器 6 4 の出力信号が “0” → “1” に変化する CCD リニアアレイセンサ 4 5 の画素位置  $x_1$  が計数保持され、第 2 のカウンタ 6 6 には比較器 6 4 の出力信号が “1” → “0” レベルに変化する画素位置  $x_2$  が計数保持される。尚、

第7図(d)において、0はCCDリニアアレイセンサ45の一方の最端部画素位置を示している。ところで、太陽方位角はCCDリニアアレイセンサ45に入射された太陽光の拡がりの中心位置であるから、前記 $x_1$ と $x_2$ の中心の画素、即ち、 $(x_1+x_2)/2$ で求められる。したがって、前記第1、第2のカウンタ65、66の計数値は加算器67に供給されて加算され、この加算結果はシフトレジスタ68に供給される。このシフトレジスタ68では入力信号がクロック信号CLによってLSB方向に1ビットシフトされ、 $\oplus$ とされる。しかし、このシフトレジスタ68に保持された信号より太陽方位角を検出することができる。

上記構成によれば、スリット42を通って入射された太陽光をCCDリニアアレイセンサ45によって受光し、このCCDリニアアレイセンサ45の出力信号より太陽光の拡がりの中心を求め太陽方位角を検出している。したがって、2048画素のCCDリニアアレイセンサ45を

b一定とすると、プリズム43を設けた場合は、プリズム43の屈折率をnとすると、 $n \neq 1.5 > 1$ よりスネルの法則から

$$\sin \theta = n \sin \theta'$$

となり、プリズム43のない場合における最大視野角 $\theta'$ に比べ視野角を大きくすることができます。

また、CCDリニアアレイセンサ45の1画素当たりの角分解能 $d\theta$ は、プリズム43を挿入しない場合、

$$d\theta = \frac{dx}{h} \cdot \cos^2 \theta'$$

(但し、 $dx = 1$ 画素長:一定値)

となり、入射角に大きく依存する。第9図は角分解能 $d\theta$ と入射角 $\theta$ の関係を示すものであり、(I)はプリズム43を挿入しない場合を示すものである。ここで、入射角 $\theta$ が大きくなると角分解能が小さくなることがわかる。これに対して、プリズム43を設けた場合は

使用した場合、角分解能を $0.05^\circ$ とすることができ、従来に比べて検出精度を飛躍的に向上することができる。

また、この構成によれば、 $0.5^\circ$ という太陽光の拡がりに検出精度が制約を受けず、CCDの1画素の角分解能に精度が依存するため、CCDにおける1画素の角分解能を高めればさらに検出精度を向上することが可能である。

また、上記実施例においてはプリズム43を使用してスリット42とCCDリニアアレイセンサ45とを所定距離に保持している。このプリズム43の材質として、石英を用いれば、CCDリニアアレイセンサ45を宇宙放射線から保護することができる。

さらに、前記プリズム43はデジタル太陽センサの視野を広げるとともに、CCDリニアアレイセンサ45の各画素の角分解能を太陽の入射角に対して均一にすることができる利点を有している。即ち、第8図に示す如く、スリット42とCCDリニアアレイセンサ45間の距離を

$$d\theta = dx \cdot \frac{n}{h} \cdot \frac{\cos^2(\sin^{-1}(\frac{1}{n} \sin \theta))}{\cos \theta} \cdot \frac{180}{\pi}$$

(deg)

となり、 $d\theta$ と入射角 $\theta$ との関係は第7図に(I)で示す如く、1画素当たりの角分解能 $d\theta$ は入射角 $\theta$ にはほとんど依存せず一定となることがわかる。

さらに、干渉フィルタ44を挿入することにより太陽光の透過波長域が上述したように制限され、入射エネルギーが大幅に減少される。このため、CCDリニアアレイセンサ45の出力が飽和することなく、NDフィルタ等を設ける必要がなくなる場合もある。

また、プリズム43の厚さは、CCDリニアアレイセンサ45の全画素長 $l$ とセンサの視野角 $\theta$ より $h = l / \tan \theta$ の関係より求められる。

尚、上記実施例ではプリズム43および干渉フィルタ44をスリット42とCCDリニアアレイセンサ45との間に介在したが、これらプリズム43および干渉フィルタ44は必ずしも必要を構成ではなく、省略することも可能である。

また、このディジタル太陽センサを視野方向となる座標軸に垂直な二次元の検出器として使用する場合は、第10図に示す如くセンサの光学系を2個使用し、互いのスリット42, 42を直交して配置すればよい。

さらに、リニアアレイセンサはCCDリニアアレイセンサに限定されるものではない。

その他、この発明の要旨を変えない範囲で種々変形実施可能ることは勿論である。

#### [発明の効果]

以上、詳述したようにこの発明によれば、高精度に太陽方位角を検出することが可能なディジタル太陽センサを提供できる。

#### 4. 図面の簡単な説明

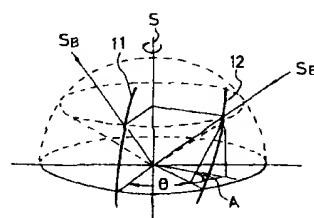
第1図は従来のディジタル太陽センサを説明するために示す概略構成図、第2図は第1図の動作を説明するために示す波形図、第3図は第1図と異なる従来のディジタル太陽センサを説明するために示す概略構成図、第4図乃至第6図はこの発明に係わるディジタル太陽センサの

一実施例を示すものであり、第4図は光学系の構成を示す斜視図、第5図は第4図の要部構成を説明するために示す図、第6図は信号処理系の回路構成を示す図、第7図は第6図の動作を説明するために示す波形図、第8図、第9図はそれぞれ第4図におけるプリズムの作用を説明するために示すものであり、第8図はディジタル太陽センサの光学系の側断面図、第9図は入射角対角分離能の特性を示す図、第10図はこの発明の応用例を示す上面図である。

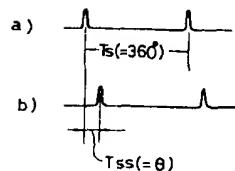
42…スリット、45…CCDリニアアレイセンサ、64…比較器、65, 66…第1, 第2のカウンタ、67…加算器、68…シフトレジスタ。

出願人代理人 弁理士 鈴江 武彦

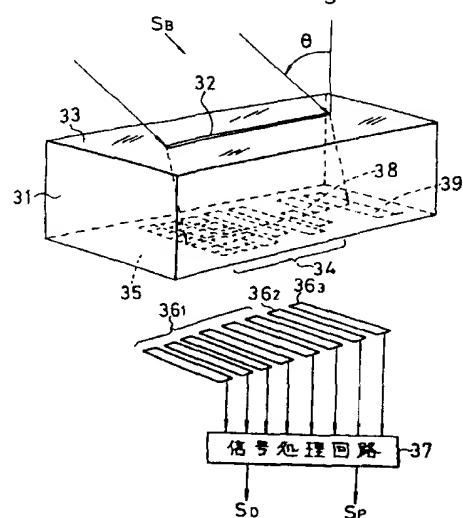
第1図



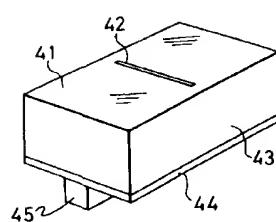
第2図



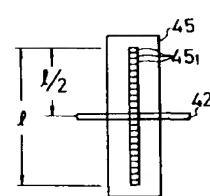
第3図



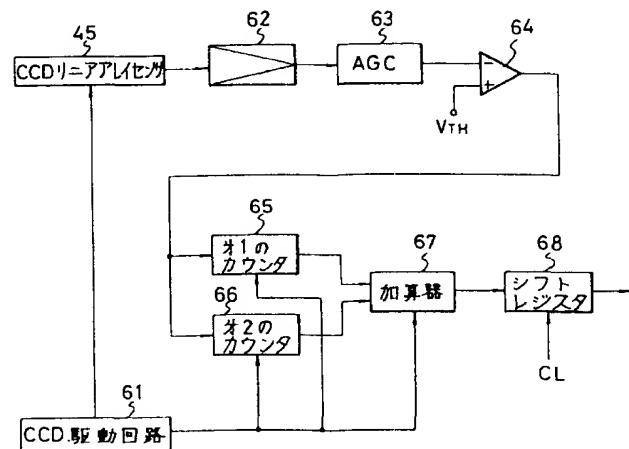
第4図



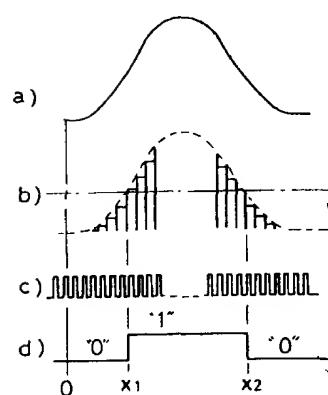
第5図



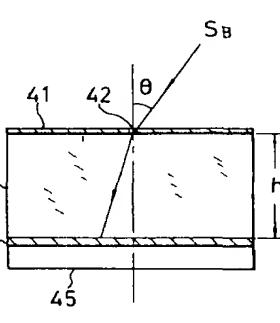
第6図



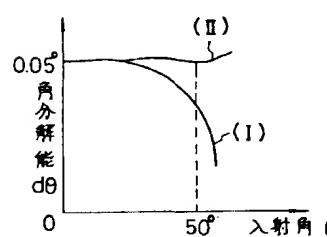
第7図



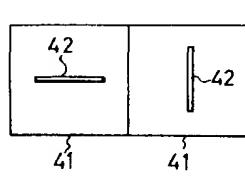
第8図



第9図



第10図



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **59-220610**

(43)Date of publication of application : **12.12.1984**

(51)Int.Cl. **G01C 1/00**  
**G01S 3/78**

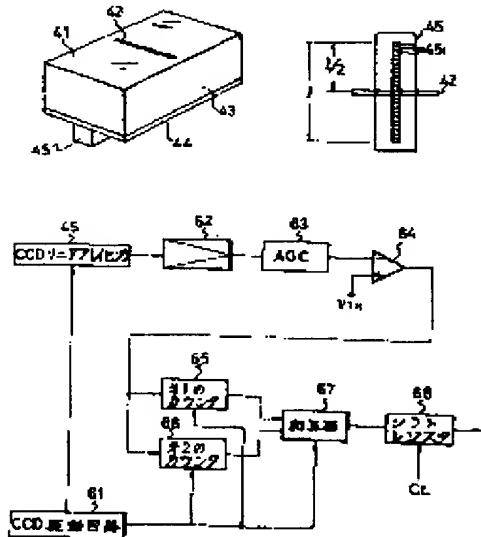
(21)Application number : **58-095236**

(71)Applicant : **TOSHIBA CORP**

(22)Date of filing : **30.05.1983**

(72)Inventor : **OKAMOTO KAZUHIKO**  
**KAMEDA YOSHIHIKO**  
**KOMATSU KOICHI**

## (54) DIGITAL SOLAR SENSOR



### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To enable high accuracy detection of a sun azimuth direction, by receiving sunrays incident to a linear array sensor arranged so as to cross a slit provided to a light blocking plate at right angles from said slit while comparing the output signal of the sensor and a predetermined threshold value to count the compared value by a counter.

**CONSTITUTION:** A slit 42 is provided to the center of a light shielding film so as to cross the longitudinal direction of the light shielding film 41 at right angles. Said light shielding film 41 is provided to the surface of a rectangular prism 43 comprising quartz or optical glass and a CCD linear array sensor 45 is provided to the back surface part of said prism through an interference

filter 44 while the arranging direction of the picture element 451 of the sensor 45 is allowed to cross the slit 42 at right angles. When sunrays are incident to the prism 43, dispersion is generated and a phenomenon such that a refraction angle is different according to a wavelength is generated. The interference filter 44 limits the wavelength of sunrays incident to the sensor 45 to reduce the influence of dispersion. Sunrays incident from the slit are received by the sensor 45 and the center of the expanse of sunrays is calculated from the output signal of the sensor 45 to detect a sun azimuth angle.